

UPOREDNA ANALIZA NAUČNE PRODUKCIJE IZ OBLASTI RAČUNARSTVA NA UNIVERZITETU U BEOGRADU

Dorđe Živanović¹, Marko Mišić², Dragana Milovančević³, Jelica Protić⁴

^{1,2,3,4}Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija

¹djordjezivanovicva@gmail.com, ²marko.misic@etf.bg.ac.rs, ³dragana.m@etf.bg.ac.rs, ⁴jelica.protic@etf.bg.ac.rs

Kratak sadržaj: U ovom radu je prikazana je uporedna analiza naučne produkcije iz oblasti računarstva na Univerzitetu u Beogradu. U radu su analizirane publikacije autora zaposlenih na Fakultetu organizacionih nauka, Matematičkom fakultetu i Elektrotehničkom fakultetu čija je primarna naučna oblast računarstvo. Prikupljeni su podaci o 824 rada iz Web of Science baze i 1273 rada iz Scopus baze, zaključno sa avgustom 2018. Analiza je izvršena korišćenjem bibliometrijskih i naukometrijskih metoda, kao i analize socijalnih mreža. Rezultati pokazuju da najplodonosniji autori uglavnom dolaze sa Fakulteta organizacionih nauka prema kvantitetu naučne produkcije i citiranosti, a da je saradnja autora sa različitih fakulteta i katedri relativno slaba.

Ključne reči: koautorske mreže, analiza socijalnih mreža, naukometrija, vizuelizacija, naučni radovi, Univerzitet u Beogradu, računarstvo;

COMPARATIVE ANALYSIS OF SCIENTIFIC PRODUCTION IN THE COMPUTER SCIENCE AT THE UNIVERSITY OF BELGRADE

Abstract: This paper presents a comparative analysis of scientific production in the computer science field at the University of Belgrade. The paper analyzes papers of authors from the School of Organizational Sciences, School of Mathematics and the School of Electrical Engineering whose primary field of research is computing. Data on 824 papers from the Web of Science database and 1273 papers from the Scopus database were collected, ending in August 2018. The analysis was carried out using bibliometric, scientometric, and social network analysis. The results show that the most prolific authors mainly come from the School of Organizational Sciences according to the quantity of scientific production and citation criteria, and that the cooperation of authors from different schools and departments is relatively weak.

Key Words: co-authorship networks, social network analysis, scientometrics, visualisation, scientific papers, University of Belgrade, computer science.

1. UVOD

U proteklih nekoliko godina je u Srbiji došlo do značajne ekspanzije u sektoru informacionih tehnologija. Kao posledica ovog trenda, raste i interesovanje svršenih srednjoškolaca za upis na studijske programe iz oblasti računarstva, ali i druge vidove usavršavanja iz ove oblasti. Ipak, u tom smislu, vodeću ulogu imaju univerziteti, kao svojevrsni centri izvrsnosti. Dakle, budućnost ovog sektora leži na kvalitetu univerziteta i njihovih fakulteta, još tačnije nastavnog kadra koji je zaposlen na istim. Kvalitet nastavnog kadra se najbolje meri kroz naučne radove koji oni objavljuju kao i uticaj koji ovi radovi imaju na oblasti kojima se bave. Takođe, naučna produkcija pojedinaca i institucija postala je u prethodnom periodu najznačajniji faktor napredovanja u akademskom okruženju, odobravanja i evaluacije projekata, kao i akreditacije svih nivoa studija.

Predmet ovog rada biće uporedna kvantitativna i kvalitativna analiza naučne produkcije iz oblasti računarstva na Univerzitetu u Beogradu, tačnije naučnih radova zaposlenih na katedrama fakulteta Univerziteta u Beogradu kojima je računarstvo primarna oblast. Cilj ovog rada je određivanje i izračunavanje određenih bibliometrijskih i naukometrijskih indikatora koji će pomoći povećanju efikasnosti određenih katedri i fakulteta, kao i utvrđivanju slabih tačaka unutar fakulteta i katedri kroz analizu kolaboracione, socijalne mreže, kako bi se poboljšala saradnja unutar istih. Isto tako, cilj je ukazati i na produktivne pojedince ili grupe autora koji su uticajni u svojim oblastima.

Slična analiza je sprovedena i na nivou Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu i njegovih pet departmana [1], kao i na nivou Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, a rezultati su predstavljeni u okviru skupa TREND 2018 [2]. Publikacije u oblasti računarstva u Srbiji su analizirane u [3]. Međutim, u okviru tog rada su analizirani svi autori čiji radovi su objavljeni u časopisima čija je jedna od oblasti računarstvo. Zbog interdisciplinarnosti mnogih časopisa, u toj analizi se javljaju i autori čiji primarna naučna oblast nije računarstvo.

Rad je podeljen na četiri poglavlja. U drugom poglavlju su detaljnije opisani skup podataka i metodologija analize. U trećem poglavlju je prikazana diskusija glavnih rezultata analize i vizuelizacija dobijene mreže. Četvrto poglavlje je zaključak u kome se navode najznačajniji rezultati i planovi za dalji rad.

2. SKUPOVI PODATAKA I METODOLOGIJA ANALIZE

U okviru Univerziteta u Beogradu (UB) postoje tri fakulteta koji su matični za jednu od četiri oblasti računarstva. To su Matematički fakultet (MATF) za oblast računarskih nauka (*computer science*), Elektrotehnički fakultet (ETF) za oblast računarske tehnike (*computer engineering*) i softverskog inženjerstva (*software engineering*) i Fakultet organizacionih nauka (FON) za oblast informacionih sistema (*information systems*). U okviru navedenih fakulteta postoje katedre koje se bave pomenutim naučnim oblastima. To su Katedra za softversko inženjerstvo (FON_SI), Katedra za informacione tehnologije (FON_IT) i Katedra za informacione sisteme (FON_IS) sa Fakulteta organizacionih nauka, Katedra za računarstvo i informatiku (MATF_RTI) sa Matematičkog fakulteta i Katedra za računarsku tehniku i informatiku (ETF_RTI) sa Elektrotehničkog fakulteta. U okviru analize su razmatrani autori koji su se vodili kao zaposleni u nastavnim zvanjima ili bili angažovani kao laboratorijsko osoblje na prethodno pomenutim katedrama u avgustu 2018., što je prikupljeno sa internet prezentacija ovih fakulteta. Zanimljivo je da je broj autora po prethodnom kriterijumu isti za sve fakultete i on iznosi 39.

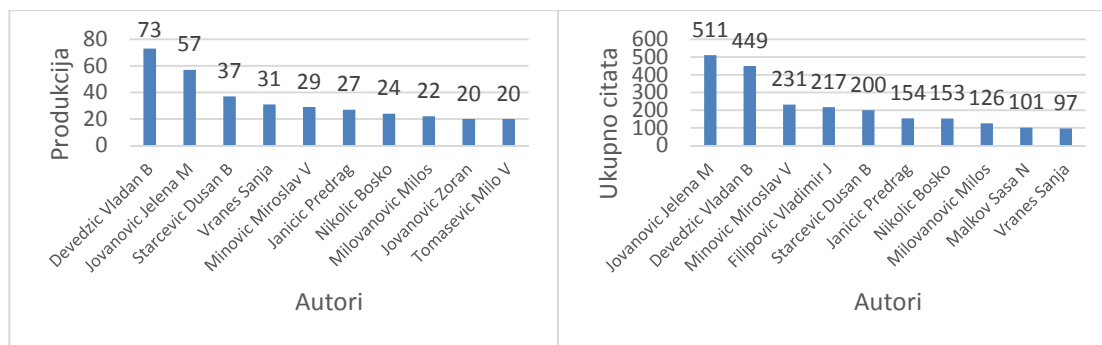
Analiza je sprovedena kroz izdvajanje podataka iz odgovarajućih baza naučne produkcije Web of Science (kroz nacionalni servis KOBSON) i Scopus. Oba servisa poseduju autorske profile i oni su korišćeni da se na osnovu prethodno definisane liste autora izvrši dodeljivanje radova uz odgovarajuće mašinsko i ručno prečišćavanje koje je u ovakvim analizama neophodno [4]. Sa WoS servisa je preuzeto 824 rada sa sledećim podacima: glavni autor – koautor za koga je referisan taj rad u KOBSON-u, naslov rada, godina izdanja rada, svi autori rada, broj citiranja datog rada, IF časopisa iz 2017, ako je rad izdat u časopisu, i ako ima IF iz 2017, petogodišnji IF časopisa iz 2017, ako je rad izdat u časopisu, i ako ima petogodišnji IF iz 2017, kao i ime časopisa, konferencije ili publikacije u kojoj je objavljen. Iz baze Scopus su za analizu preuzeti podaci o 1273 rada. Veći broj radova prevashodno potiče od većeg broja tipova publikacija koje baza Scopus indeksira. Sledeći podaci su prikupljeni: glavni autor - koautor za koga je referisan taj rad u Scopus-u, naslov rada, godina izdavanja rad, autori rada, broj citiranja rada, kao i indikatori specifični za Scopus bazu, kao što su FWCI za dati rad, tip rada, CS, SJIR i SNP od časopisa u kojima je izdat rad, ako je izdat u časopisu i ako postoje indikatori za 2017. Svi podaci iz obe baze su preuzeti zaključno sa avgustom 2018., a dodatno su ručno provereni i obrađeni.

Nad dobijenim podacima su sprovedene odgovarajuće bibliometrijske i naukometrijske analize, kao što su produktivnost u pogledu radova (celovita i frakciona) po autorima, godinama, katedrama i fakultetima, prosečan broj koautora, analiza citiranosti po istim parametrima, *h*-indeksu. Takođe, analizirani su i časopisi u kojima se radovi objavljuju po *impact* faktoru i učestalosti objavljivanja. Prikupljeni i obrađeni podaci su dalje korišćeni za formiranje odgovarajućih koautorskih (kolaboracionih) mreže, koje su dalje analizirane na osnovu teorije mreža i metrika karakterističnih za socijalne mreže. Mreža se predstavlja preko skupa čvorova koji opisuju aktere u okviru socijalne mreže i grana koje predstavljaju socijalne relacije. Čvorovi mreže su naučnici – nastavnici i saradnici zaposleni na fakultetu. Dva naučnika su povezana ako su napisala bar jedan rad zajedno, pri čemu težinu grane predstavlja broj zajedničkih radova. Kako ova relacija važi u oba smera, radi se o neusmerenoj mreži. Ispitivanjem osnovnih svojstava mreže i određivanjem mera centralnosti ispitano je u kojoj meri su mreže povezane i centralizovane. Na osnovu mera centralnosti, kao što su centralnost po stepenu, relaciona centralnost i centralnost po bliskosti, definisane su uloge pojedinih istaknutih čvorova u mreži. Primenom metoda za klasterizaciju, posebno su ispitane karakteristike kolaboracije unutar katedri i fakulteta, a takođe je analizirana međukatedarska i međufakultetska saradnja.

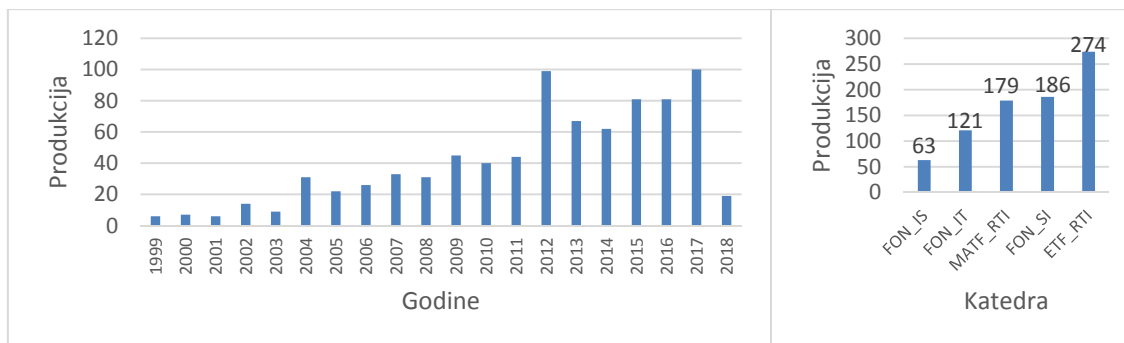
Od alata za obradu podataka su korišćeni okruženje Gephi za vizuelizaciju i određivanje metrika, a alat Excel za tabelarne proračune. Programski jezik Python je korišćen za prikupljanje i prečišćavanje podataka i izračunavanje određenih metrika.

3. ANALIZA I DISKUSIJA REZULTATA

U okviru ove sekcije su predstavljeni najznačajniji rezultati izvršenih analiza. Dobijeni rezultati su uglavnom slični za oba skupa podataka, a tamo gde postoje razlike, to će biti posebno naglašeno. Na Slici 1. i Slici 2. su prikazani osnovni bibliometrijski indikatori. Uočava se da po ukupnoj produktivnosti prednjače autori sa FON-a, a u top-10 autora, 5 su sa FON-a, 4 sa ETF-a, a samo 1 autor sa MATF za oba skupa podataka. Najveću produktivnost imaju autori Vladan Devedžić i Jelena Jovanović sa FON_SI katedre koji i sami blisko sarađuju. Sa FON_IT katedre dolaze preostala tri autora. Takođe, primećuje se da produkcija po godinama progresivno raste, naročito od 2008. do 2012. godine, a potom slede periodi fluktuacije. Najproduktivnija godina je bila 2012. godina u kojoj je Srbija bila proglašena naučnom zvezdom u usponu, po oceni agencije Thompson Reuters [5], što je očigledno trend koji su ispratili i autori iz oblasti računarstva. Takođe, sa usvajanjem ZVO 2005. godine, pooštreni su uslovi za napredovanje nastavnika i saradnika, što je takođe uticalo na povećanje naučne produkcije. Slični rezultati se dobijaju i frakcionom analizom, s tim što se može zapaziti pojava nekih novih autora sa ETF i nestanak autora sa FON-a u top-10, što ukazuje da autori sa FON-a generalno rade u većim grupama. Frakciona analiza produkcije po godinama takođe ukazuje da je kooperativnost autora porasla od 2008. godine. Ukoliko se posmatra ukupna naučna produkcija po fakultetima i katedrama, može se uočiti da najbrojnija ETF_RTI katedra ima najviše radova, ali da u ukupnom zbiru najproduktivniji su autori sa FON-a sa 370 radova u WoS bazi. Jedan od razloga značajne kvantitativne prednosti FON-a u odnosu na ETF je nedavni odlazak dva dugogodišnja profesora ETF-a u penziju.



Slika 1. Naučna produkcija top-10 autora na osnovu WoS baze: (a) po broju radova, (b) po broju citata



Slika 2. Naučna produkcija na osnovu WoS baze: (a) po godinama, (b) po katedrama

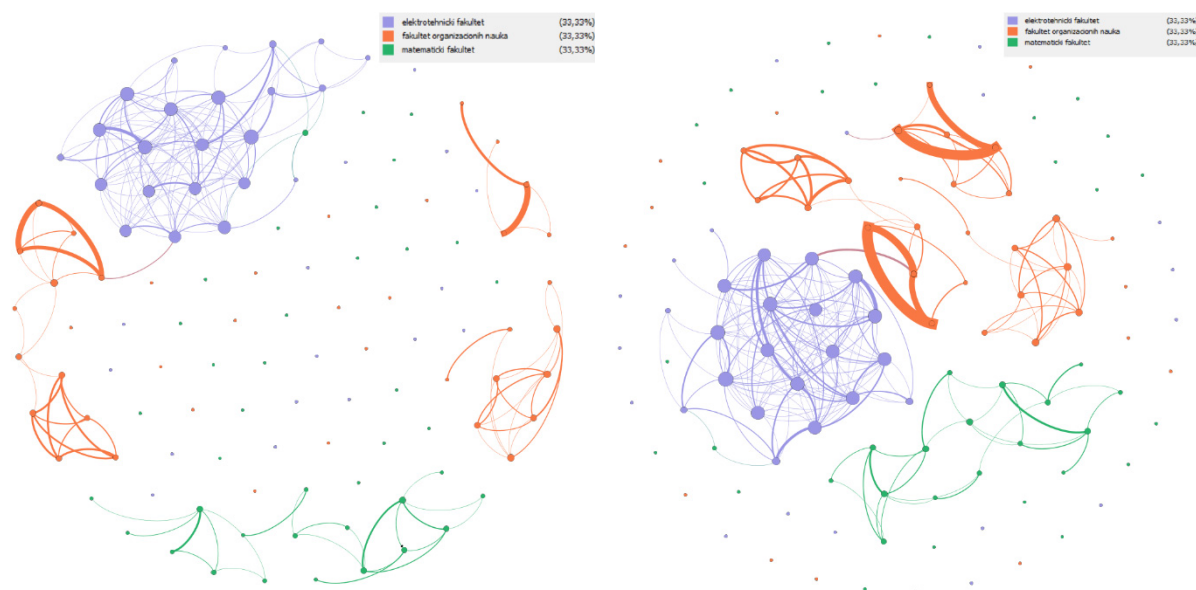
Frakciona analiza takođe pokazuje smanjivanje odnosa između broja radova autora sa ETF-a i FON-a nasuprot autorima sa MATF-a. Takođe, prosečan broj koautora varira u rasponu od 3,3 na MATF_RTI katedri do 4,3 na FON_IS katedri, što ukazuje da autori sa MATF_RTI pišu u manjim grupama. To je u skladu sa prethodnim bibliometrijskim analizama iz oblasti matematike koje pokazuju manji prosečan broj koautora nego u drugim naučnim oblastima [6]. Analiza citiranosti daje slične rezultate kao analiza naučne produkcije, a vodeći autori su Jelena Jovanović i Vladan Devedžić sa FON-a koji nose 90% citiranosti FON_SI katedre. Takođe, ističe se pojava nekoliko autora sa MATF-a koji nisu među top-10 po ukupnoj produkciji, ali jesu po citatima, što ukazuje da pišu kvalitetne radove. Sumarno po katedrama, MATF_RTI je bolje pozicioniran od ETF_RTI na WoS skupu podataka, dok je na Scopus skupu obrnuto, što ukazuje da njihovi citati uglavnom potiču od radova u časopisima. Prema *h*-indeksu, u prvih 10 se nalazi 5 autora sa FON-a, 3 autora sa ETF-a i 2 autora sa MATF-a.

Sprovedena analiza je obuhvatila i časopise u kojima su radovi objavljivani. Po prosečnom IF i IF5 prednjači autor Sanja Vraneš sa ETF_RTI, a takođe se zapaža i da autori sa ETF-a objavljuju radove u vodećim časopisima po *impact* faktoru, jer su objavili radove u 4 od top-5 časopisa po ovom kriterijumu. Sa druge strane, Tabela 1. prikazuje prvih pet časopisa po broju objavljenih radova na osnovu WoS skupa podataka. Primećuje se da su to uglavnom časopisi sa relativno niskim IF, sa izuzetkom časopisa koji se bavi ekspertskim sistemima i veštačkom inteligencijom. S obzirom na važnost ove oblasti u današnje vreme, može se reći da autori iz oblasti računarstva sa UB prate svetske tokove i trendove.

Tabela 1 – Prvih pet časopisa po broju objavljenih radova na osnovu WoS skupa podataka

Časopis	IF	IF5	Broj radova
Computer Science and Information Systems	0.61	0.68	31
International Journal of Engineering Education	0.58	0.66	30
Advances in Computers	1.51	0.89	28
Expert Systems with Applications	3.77	3.71	17
International Journal of Computers Communications & Control	1.29	1.18	16

Na osnovu oba skupa podataka su modelovane i analizirane odgovarajuće kolaboracione, socijalne mreže, prikazane na Slici 3. Gustina mreže za WoS skup podataka je 0.029, a za Scopus skup podataka 0.033. što ukazuje da su mreže relativno guste poredi ih sa realnim socijalnim mrežama poput Fejsbuka čija je prosečna gustina 10^{-6} [7]. Prosečna dužina puta je 2.916 za WoS skup, 2.533 za Scopus skup podataka. U proseku između dva autora postoji 1.5 autor, odnosno dva autora, što je veoma mali broj imajući u vidu istraživanje gde se dobija da je na celoj Fejsbukovoj mreži 4 čoveka [7]. Dijametar mreže u slučaju Scopus podataka je 7, a u slučaju WoS podataka je 8, što opet kazuje da između dve najudaljenije osobe u mreži postoji poznanstvo od najviše 6 osoba i svedoči o fenomenu malog sveta koji je poznat u socijalnim mrežama.



Slika 3. Koautorske mreže: (a) WoS skup podataka, (b) Scopus skup podataka

Na osnovu grafova sa Slike 3 i analize povezanih komponenti se može uočiti veći broj komponenti sa jednim autorom, ali i nekoliko većih povezanih komponenti. Najveću grupu čine autori sa ETF_RTI i FON_IT katedre, dok su FON_SI, FON_IS i MATF_RTI komponente za sebe. To ukazuje na izuzetno slabu saradnju među fakultetima, jer postoje samo 4 saradnje između ova tri fakulteta i to mahom između autora koji se nalaze u top-10 po produktivnosti (parovi Jelena Jovanović - Sanja Vraneš 2 rada, kao i 7 radova Zoran Jovanović - Dušan Starčević), što je u skladu sa poznatim konceptom „the rich get richer” koji se može zapaziti u socijalnim mrežama. Detekcija komuna dodatno povećava broj grupa unutar mreže koje ukazuju na manje timove ljudi koji međusobno češće sarađuju.

Metrike centralnosti uglavnom pokazuju da autori sa ETF-a predstavljaju jezgro mreže, jer su vodeći po većini ovih mera. U tom kontekstu se posebno ističu autori Zoran Jovanović i Dušan Starčević koji imaju visoku relaciju centralnosti i predstavljaju mostove koji spajaju grupe autora sa dva različita fakulteta. Takvi mostovi se mogu uočiti i na primeru FON_SI i FON_IT katedre koje spajaju Ivan Milenković i Dejan Simić, dok grupe na MATF_RTI katedri spaja autor Nenad Mitić. Za obe modelovane mreže se može reći da prate *power-law* raspodelu, osim kod čvorova sa jako niskim stepenom, što potvrđuje da se radi o socijalnim mrežama.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana uporedna analiza naučne produkcije iz oblasti računarstva na Univerzitetu u Beogradu kroz odgovarajuće bibliometrijske, naukometrijske analize i analizu kolaboracionih mreža. Analiza pokazuje da su kvantitativno najuspešniji autori sa Fakulteta organizacionih nauka, a ističe se i slaba međukatedarska i međufakultetska saradnja. Takođe, analiza pokazuje da je saradnja među katedrama uglavnom uslovljena srodnošću oblasti kojima se one bave, ali i njihovim istorijskim i strukturnim vezama, kao i socijalnim vezama između pojedinaca.

5. LITERATURA

- [1] M. Savić, M. Ivanović, B. Dimić Surla, *Analysis of intra-institutional research collaboration: a case of a Serbian faculty of sciences*, Scientometrics, 110(1), 2017., pp. 195-216.
- [2] D. Milovančević, M. Mišić, J. Protić, *Mrežna analiza naučne kolaboracije zaposlenih na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu na osnovu institucionalne evidencije objavljenih radova*, XXIV Skup TRENDovi RAZVOJA, pp. 238-241, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Kopaonik, Feb, 2018.
- [3] M. Pavković, J. Protić, *An analysis of scientific publications from Serbia: The case of computer science*, ISSI, 2015.
- [4] S. Purić, U. Romić, J. Protić, M. Popović, *Mogućnosti i ograničenja izdavanja liste naučnih radova zaposlenih iz raspoloživih izvora na primeru Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu*, XXI skup Trendovi razvoja, Zlatibor, Srbija, Feb. 2015., pp. 98-102
- [5] Rising Stars. *Clarivate Analytics. Science Watch*, 2012, <http://archive.sciencewatch.com/dr/rs/12jan-rs/>
- [6] M. Savić, M. Ivanović, M. Radovanović, Z. Ognjanović, A. Pejović, T. Jakšić Krüger, *The structure and evolution of scientific collaboration in Serbian mathematical journals*, Scientometrics, 101(3), 2014., pp. 1805-1830.
- [7] L. Backstrom, P. Boldi, M. Rosa, J. Ugander и S. Vigna, *Four degrees of separation*, Proceedings of the 4th Annual ACM Web Science Conference, 2012.